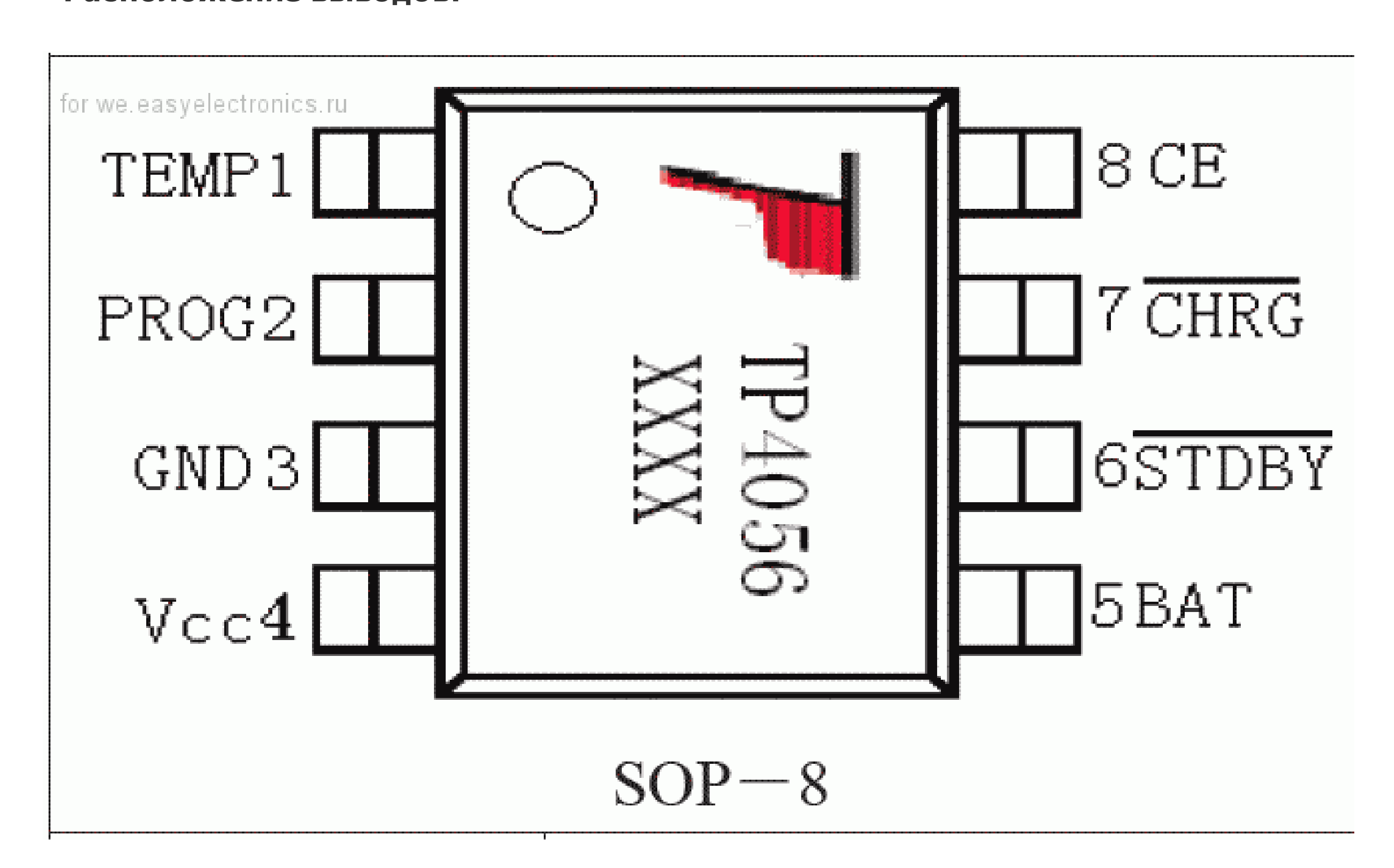
Модуль основан на чипе **TP4056** — контроллере зарядки Li-ion аккумуляторов со встроенным термодатчиком от **NanJing Top Power ASIC Corp**, это завершенное изделие с линейным зарядом по принципу постоянное напряжение/постоянный ток для одноэлементных литий-ионных аккумуляторов. Чип от компании из Нанкина, провинция Цзянсу, Китай. Специализация — системы питания игрушек, телефонов, LCD, LCM. Основана в 2003 году.

Контроллер выполнен в корпусе SOP-8, имет на нижней поверхности металлический теплосьемник не соединенный с контактами, позволяет заряжать аккумулятор током до 1000 ма (зависит от токозадающего резистора). Требует минимум навесных компонентов.

По сути это более навороченная модификация их же чипа TP4054, у которого в свою очередь куча аналогов (MCP73831, LTC4054, TB4054, TP4054, SGM4054, ACE4054, LP4054, U4054, BL4054, WPM4054, IT4504, Y1880, PT6102, PT6181, VS6102, HX6001, LC6000, LN5060, CX9058, EC49016, CYT5026, Q7051). Кто тут кому аналог, судить не берусь.

Расположение выводов:



Описание выводов:

1. **TEMP** — подключение датчика температуры, встроенного в литий-ионную батарею. Если на выводе напряжение будет ниже 45% или выше 80% от напряжения питания, то зарядка приостановится. Контроль температуры отключается замыканием входа на общий провод.
2. **PROG** — Программирование тока зарядки (1.2к — 10к);
   Постоянный ток зарядки и контроль напряжения зарядки выбираются сопротивлением резистора, между этим пином и GND;
   Для всех режимов зарядки, зарядный ток может быть выведен из формулы:

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \times 1200 \quad (V_{PROG}=1V)$$

3. **GND** — Общий;
4. **Vcc** — Напряжение питания, если ток потребления (ток зарядки батареи) становится ниже 30mA, контроллер уходит в спячку, потребляя от контакта BAT ~ 2mkA;
5. **BAT** — Подключение аккумуляторной батареи (ICR, IMR);
6. **STDBY** — Индикация окончания заряда (выход ОК, n-p-n), при слишком низком напряжении питания, или напряжении на входе TEMP не в диапазоне — разомкнут;
   - При подключенной батарее, в течении зарядки — разомкнут, по окончании — замкнут;
   - При неподключенной батарее замкнут;
7. **CHRG** — Индикация зарядки (выход ОК, n-p-n), при слишком низком напряжении питания, или напряжении на входе TEMP не в диапазоне — разомкнут;
   - При подключенной батарее, в течении зарядки — замкнут, по окончании — разомкнут;
   - При неподключенной батарее, кратковременно включается с периодом 1-4 сек;
8. **CE** — Управление зарядкой. При подаче высокого уровня микросхема находится в рабочем режиме, при низком уровне контроллер в состоянии сна. Вход TTL и CMOS совместим;

Процесс зарядки состоит из нескольких этапов:
1. Контроль напряжения подключенного аккумулятора (постоянно);
2. Зарядка током 1/10 от запрограммированного резистором Rprog (100мА при Rprog = 1.2к) до уровня 2.9 В (если требуется);
3. Зарядка максимальным током (1000мА при Rprog = 1.2к);
4. При достижении на батарее 4.2 В идет стабилизация напряжения на уровне 4.2В. Ток падает по мере зарядки;
5. При достижении тока 1/10 от запрограммированного резистором Rprog (100мА при Rprog = 1.2к) зарядное устройство отключается. Переход к п. 1

Контроллер имеет хороший профиль CC/CV и может быть адаптирован ко многим различным конфигурациям зарядки и типам Li-ion аккумуляторов. Номинальный зарядный ток может быть изменен подбором единственного резистора.

Модуль представляет из себя небольшую платку (19 x 27 мм, рядом элемент AAA) с собранной схемой зарядного устройства.

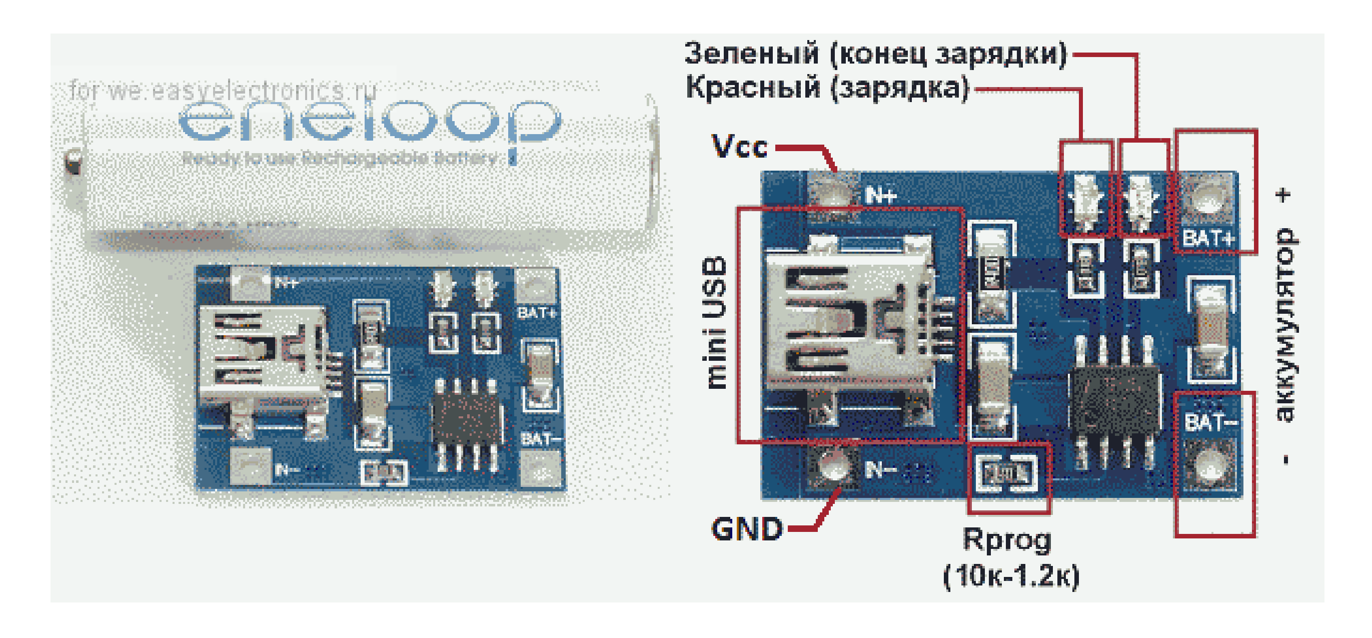
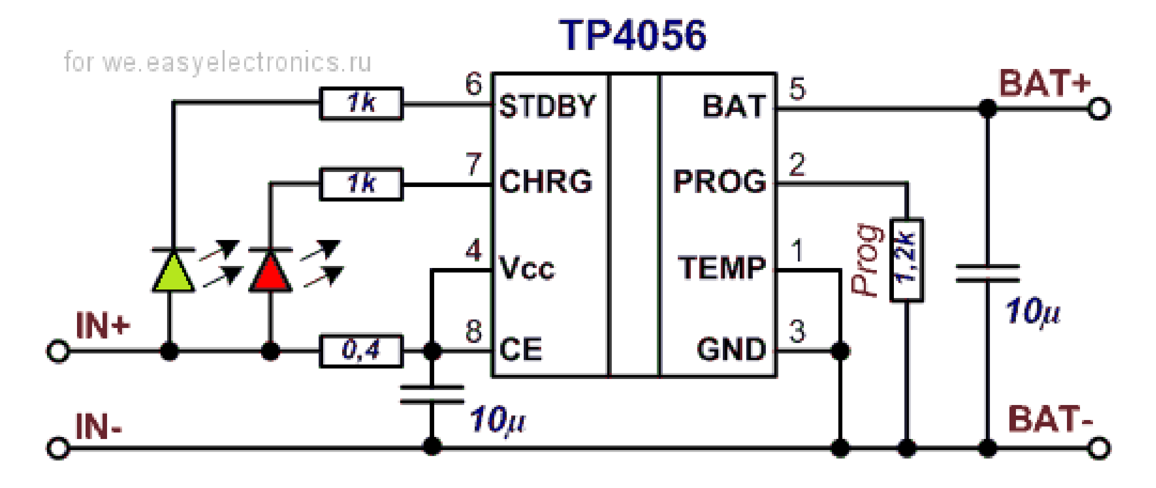
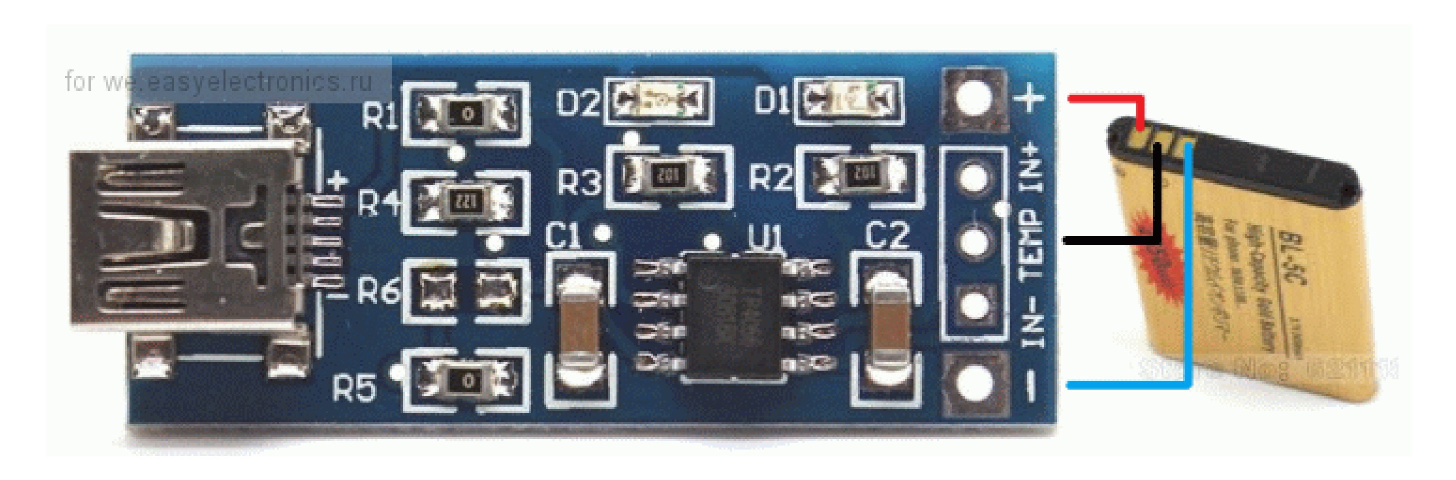


Схема практически идентична схеме из даташита, за исключением подключения термодатчика аккумулятора. На полученных модулях цвет светодиодов окончания зарядки другой, вместо зеленого — синий.



Можно (если понадобилось) вывести вход термодатчика отдельным проводком, напаявшись на лапку и отрезав ее от GND. Или же подняв лапку над платой и напаявшись. Если же хочется без паяния, надо просто заказать там же другой модуль:



Отличие только в компоновке и габаритах (37x15мм).

Описание:

- Напряжение питания +4,5...+8,0 вольт (*более 5,5 В не рекомендуется, чип перегревается*);
- Разьем Mini-USB на плате, для питания от USB-порта компьютера или универсального блока питания;
- Ток заряда 1,0 Ампер (1000 мА), легко программируется изменением значения резистора Rprog (от 1,2k до 10k (*по даташиту, на самом деле до ~30k*));
- Важно: источник питания (USB порт, USB адаптер, или др.) должен обеспечивать ток заряда с некоторым запасом. Не все порты USB могут обеспечить ток более 500 мА;
- Напряжение окончания заряда аккумулятора: 4,2 вольта;
- Светодиод индикации заряда;
- Светодиод индикации окончания заряда;
- Готовый модуль;
- Миниатюрные размеры 19 x 27 мм;
- Вес модуля 1,9 гр;

Тесты зарядки реальных аккумуляторов:

Заявленная емкость 3400mAh:

ChargerTP4056 (PS18650-34)

Очень хороший график CC/CV, немного затянуто падение CC, это увеличивает время зарядки, но аккумулятору от этого хуже не будет. Ток зарядки не достиг заявленных 1000мА. Возможно его ограничила температура самого контроллера. Контроллер сначала сильно разогревшись к концу зарядки остывает.

ChargerTP4056 (PS18650-34) Vusb=4.5V

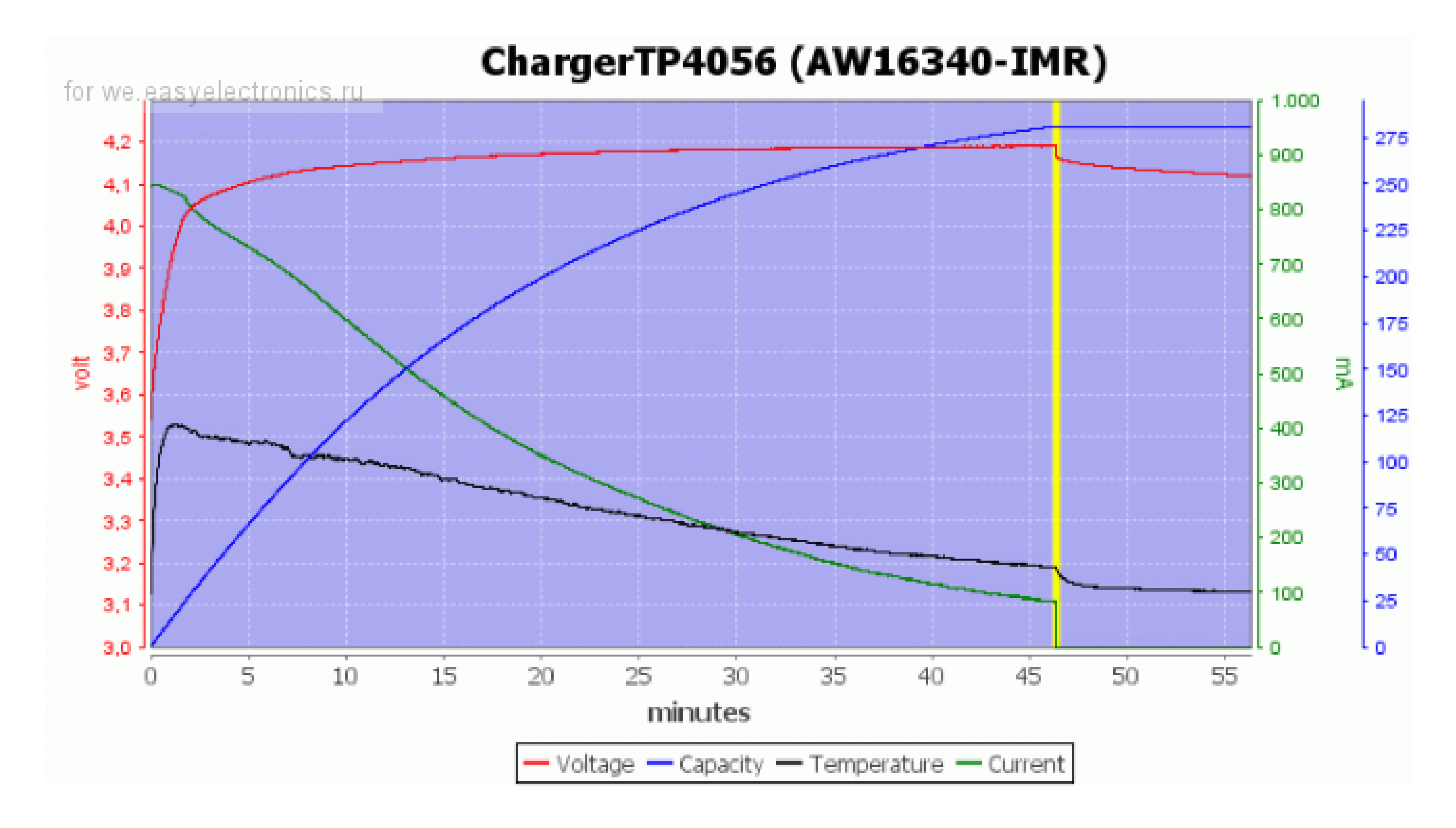
Снижение напряжения питания до 4.5 В, увеличивает время зарядки и уменьшает температуру, но итоговое напряжение немного ниже.

ChargerTP4056 (PS18650-34) Vusb=5.5V

Увеличение напряжения питания действительно увеличивает температуру, но также и уменьшает ток. Когда чип перегревается, он уменьшает ток.

ChargerTP4056 (PS18650-34) Vusb=5.5V HS

То же, но использован небольшой алюминиевый радиатор на контроллере. И это действительно помогает, температура ниже, чем при питании от 5,0 В.



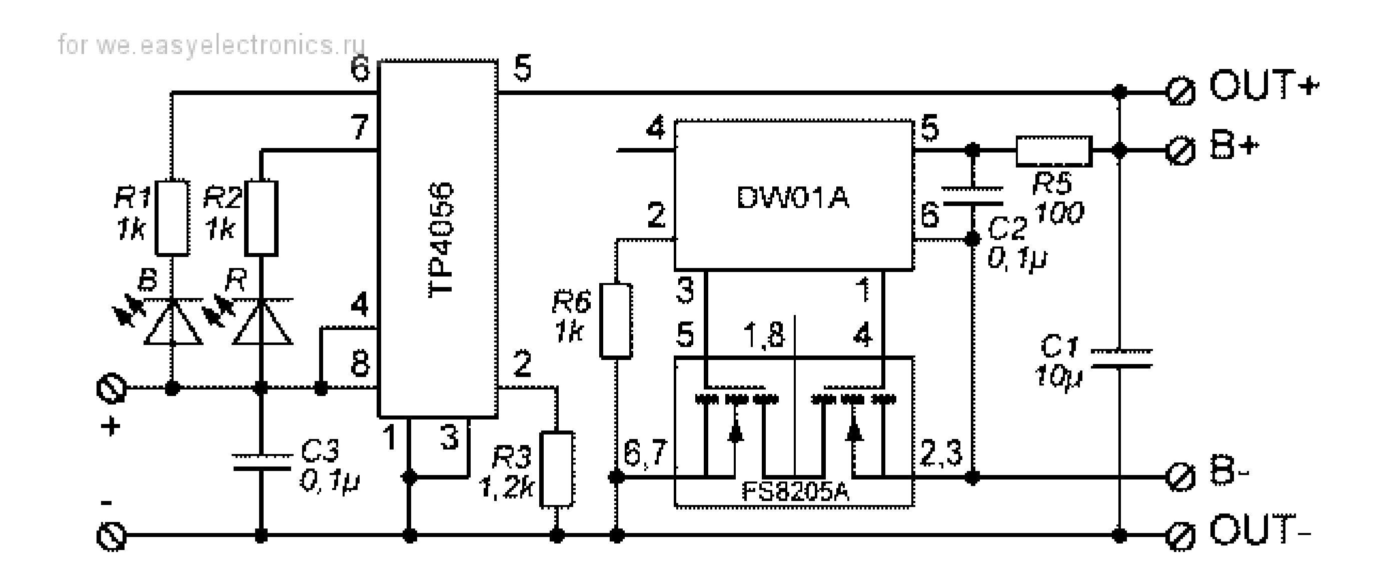
Старый 16340 IMR аккумулятор от видеокамеры также был заряжен успешно.

После окончания зарядки контроллер продолжает мониторинг напряжения аккумулятора. Ток, потребляемый схемой мониторинга 2-3 mkA. После падения напряжения до 4.0В, зарядка включается снова.
При отключении и подключении аккумулятора, зарядка включится только если напряжение аккумулятора ниже 4.0В.

Внимание!!! Контроллер имеет одну особенность, не описанную в даташите. Он не содержит схемы защиты от переполюсовки батареи. В этом случае контроллер гарантированно выходит из строя из-за превышения максимального тока и теплового пробоя. Но это только полбеды, контроллер пробивается накоротко, и на его выходе (батарее) появляется полное (!) входное напряжение.
Это особенно актуально для заряда пальчиковых аккумуляторов типа 18650. При установке очень легко ошибиться с полярностью.

Можно купить и модули с защитой:

Кроме контроллера зарядки TP4056 в него добавлены два чипа: DW01(схема защиты) + ML8205A (сдвоенный ключ MOSFET).



Что эта схема добавляет в характеристики предыдущего модуля:

- Встроенная защита окончания зарядки: 4,2 вольт (*TP4056 и так это делает*);
- Встроенная защита от короткого замыкания по выходу (ограничение на 3А);
- Встроенная защита от глубокого разряда аккумулятора (+2,4 вольт);
- Разьем Micro-USB на плате, в предыдущем Mini-USB;

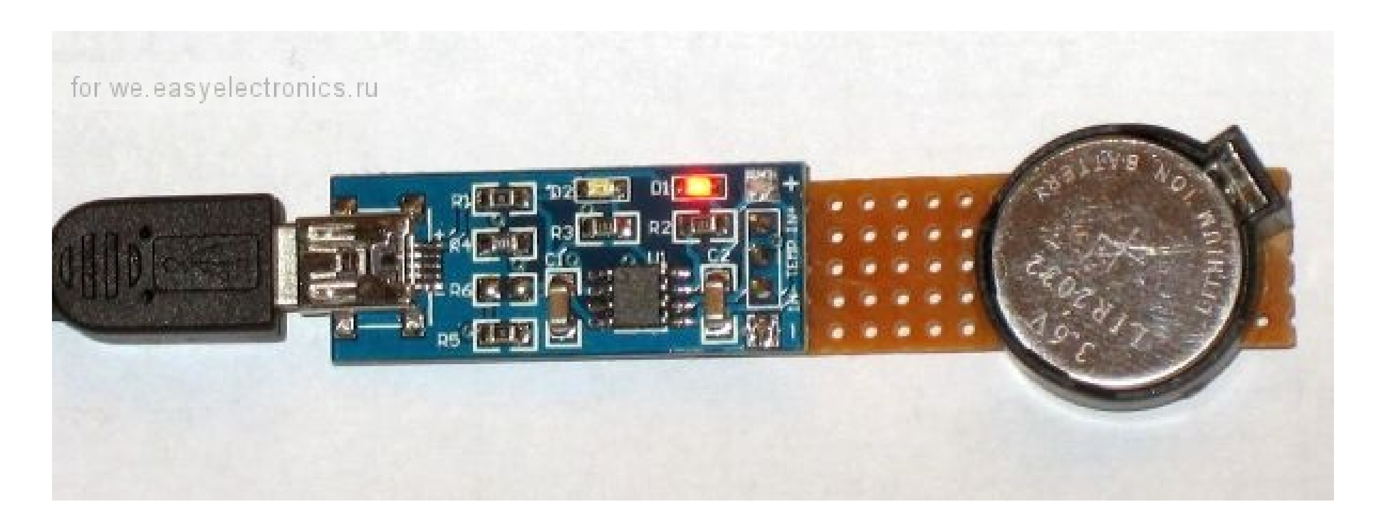
К сожалению защитить от переполюсовки он надолго не сможет, ограничит ток на 3А. Для DW01 и ML8205A такой ток некритичен, TP4056 быстро перегреется.

Чего хотелось достичь?

Ранее я заказал и описАл простую платку с DS1307Z и AT24C32 на борту.
Для резервного питания часов там заложен Li-ion аккумулятор LIR2032. Его подзарядка осуществляется постоянно, через резистор (1,8мкА), от питающего напряжения. Хотя упоминаний об этом в инете нет, меня убедили, что такая схема зарядки быстро убивает аккумулятор.

Данная зарядка бралась на замену резистору. Такая замена естественно дороже. Хотя если учесть цену данной платы (13,74 руб), плюсов будет больше.

Тестовая работа по подключению маломощного аккумулятора LIR2032 к зарядке на TP4056 была проведена здесь:



Автор изменил сопротивление токозадающего резистора с 1,2к на 33к, зарядный ток уменьшился до 45мА. По словам автора, зарядка разряженного аккумулятора занимает около часа.

Как это будет выглядеть в теории? Даташит на Li-MnO2 аккумуляторLIR2032 рекомендует зарядку номинальным током 20мА и напряжением 4,2В. После падения тока до 4мА батарею можно считать полностью заряженной. Максимальный ток зарядки 35-45мА, в зависимости от производителя. Минимальное напряжение разряда аккумулятора до начала деградации ячейки 2,75В. Для аккумулятора гарантируется 500 циклов заряда/разряда с сохранением после них не менее 80% емкости.

В свою очередь контроллер Tp4056 не сможет обеспечить ток зарядки ниже 30мА, просто уйдет в сон. И ждать пока напряжение на аккумуляторе упадет до 2,75В тоже не будет, включит зарядку уже при падении до 4,0В. Таким образом он будет постоянно поддерживать аккумулятор на ~85-95% заряженным. Наверное это не оптимально для ячейки, но все же лучше, чем через резистор.

TP4056, Li-Ion